

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-093258

(43)Date of publication of application : 05.04.1994

(51)Int.Cl.

C09K 11/06
G03G 5/06
H01L 29/28
H01L 29/91
H01L 31/04
H01L 33/00
H05B 33/14
// H01L 39/12

(21)Application number : 04-271199

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.09.1992

(72)Inventor : NAITO KATSUYUKI

(54) ORGANIC THIN FILM ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an organic thin film element resistant to the deterioration of an acceptor molecule by the repetition of oxidation and reduction and having long element life.

CONSTITUTION: The element is provided with an organic thin film having a laminated structure of a thin film of fullerene molecule as an acceptor molecule film and a thin film of a donor molecule consisting of an organic molecule having an electron affinity smaller than that of the fullerene molecule.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 13.11.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-93258

(43)公開日 平成6年(1994)4月5日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 9 K 11/06		Z 9159-4H		
G 0 3 G 5/06	3 1 1	9221-2H		
H 0 1 L 29/28	Z A A			
		7376-4M	H 0 1 L 29/ 91 31/ 04	G D
審査請求 未請求 請求項の数 1(全 8 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平4-271199

(22)出願日 平成4年(1992)9月14日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 内藤 勝之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 有機薄膜素子

(57)【要約】

【目的】 アクセプタ性分子の酸化還元の繰り返しによる劣化を防止し、素子寿命の長い有機薄膜素子を提供する。

【構成】 アクセプタ性分子膜としてのフラーレン分子の薄膜と、ドナー性分子としてのフラーレン分子よりも電子親和力が小さい有機分子の薄膜との積層構造を有する有機薄膜を備えている。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フラーレン分子を含む薄膜と、フラーレン分子よりも電子親和力が小さい有機分子を含む薄膜との積層構造を有する有機薄膜を備えたことを特徴とする有機薄膜素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は各種機能素子として用いられる有機薄膜素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、有機物の超薄膜を用いた各種電子デバイスの研究が盛んに行われている。例えば、特開昭52-35587号、特開昭55-17505号、特開昭57-51781号、特開昭57-196143号、特開昭59-194393号、特開昭60-239739号、特開昭61-37891号、特開昭62-65477号、特開昭62-229971号、特開昭63-295695号、特開平1-243396号、特開平1-245087号などが知られている。

【0003】 これらはアクセプタ性分子やドナー性分子を含む有機薄膜を備えた有機薄膜素子であり、その多くはアクセプタ性分子の薄膜とそれより電子親和力が小さいドナー性分子の薄膜とのヘテロ接合を利用した素子である。これらの素子はドナー性分子やアクセプタ性分子の酸化還元による電荷の蓄積や移動、吸収スペクトルの変化などを利用している。したがって、素子寿命を長くするためには、酸化還元の繰り返しによりこれらの分子が劣化しないことが必要である。

【0004】 これまで、ドナー性分子については、電子写真用感光体に用いられる正孔輸送剤の研究から、フタロシアニン類やその他の色素分子など、酸化還元の繰り返しにより劣化が起こりにくい分子が判明している。しかし、アクセプタ性分子については、酸化還元の繰り返しに対して十分に満足できる分子は知られていない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 以上のような理由で、積層構造を有する有機薄膜を備えた従来の有機薄膜素子においては、アクセプタ性分子の酸化還元の繰り返しによる劣化のために、素子寿命が短くなるという問題があった。

【0006】 本発明の目的は、素子寿命の長い有機薄膜素子を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段と作用】 本発明の有機薄膜素子は、フラーレン分子を含む薄膜と、フラーレン分子よりも電子親和力が小さい有機分子を含む薄膜との積層構造を有する有機薄膜を備えたことを特徴とするものである。

【0008】 本発明において用いられるフラーレン分子(C60、C70など)は、球状のクラスタをなしており、

近年サッカーボール状分子として注目されている。これらはアルカリ金属やハロゲン元素のドーピングにより、かなり高い温度で超電導を示すことが報告されている。また、これらの還元電位は比較的小さく、ベンゾキノンなどと同様のアクセプタ性を有するため、特異な電子物性や光物性も期待されている。

【0009】 フラーレン分子について、サイクリックボルタモグラムで酸化還元のサイクルを測定すると、一般のアクセプタ性分子に比べて可逆性が高い。したがって、アクセプタ性分子としてフラーレン分子を用いた素子の寿命は、他のアクセプタ性分子を用いたものよりも長くなる。また、フラーレン分子は通常の有機物と比較すると、極めて耐熱性に優れている。したがって、熱に弱いとされる有機物の欠点を補うことができる。

【0010】 フラーレン分子は種々の方法で薄膜化できる。例えば、真空蒸着法やMBE法などのドライプロセスによって薄膜化できる。また、最近、フラーレン分子についても、分子レベルでの成膜法としてラングミュア・プロジェクト(LB)法を適用し、水面上で単分子膜を形成できることが報告された(ジャーナル オブアメリカン ケミカル ソサエティー誌、113巻、6279頁、1991年)。ただし、形成された単分子膜は極めて硬く、通常の累積方法ではまだらのある不均一な膜しか得られない。

【0011】 そこで、本発明者らはLB法による成膜条件について検討した。その結果、水面上の単分子膜の表面圧のばらつきが20%以下であり、かつ固体基板に移しとる際に固体基板にかかる動的表面圧が、固体基板の静止時にかかる静的表面圧の50%以上であれば、良好なフラーレン分子のLB膜が得られることを見出した。さらに単分子膜の表面圧のばらつきは5%以下であることがより好ましい。

【0012】 ここで、単分子膜の表面圧は分子の密度の関数であり、Wilhelmy法などにより極めて簡便に測定できる。したがって、単分子膜の表面圧を水面上の複数点、好ましくは4点以上で測定すれば、膜が均一かどうか判断できる。膜を均一にする具体的な方法としては、極めてゆっくりと膜面積を減少させる、温度を上げる、ムービングウォールを用いる(シン ソリッド フィルムズ誌、178巻、175頁、1989年)などの方法が挙げられる。また、これらの方法を組み合わせてもよい。

【0013】 このようにして得られた均一な単分子膜を固体基板上に均一に累積するためには、移しとる際に固体基板にかかる動的表面圧が、固体基板静止時にかかる静的表面圧の50%以上、好ましくは90%以上である必要がある。50%未満では、累積時に分子密度が著しく低下してしまい、均一な膜を得ることが困難である。動的表面圧の測定方法は、ラングミュア誌、61巻、1309頁、1990年に記載されている。動的表面圧を

静的表面圧の50%以上にする具体的な方法としては、基板を極めてゆっくりと動かす、基板を水平にして累積時に膜が流動しないようにする、温度を上げる、ムービングウォールを用いるなどの方法が挙げられる。また、これらの方法を組み合わせてもよい。

【0014】以上の方法を用いることにより、基板上に形成される単分子膜の欠陥面積を少なくとも5%以下にすることができる。さらに条件を厳しくすることにより、欠陥面積をほとんどなくすることもできる。なお、欠陥面積の測定は走査型電子顕微鏡を用いる方法が簡便である。

【0015】なお、特にLB法によりフラーレン単分子膜を形成する場合には、他の一般的な分子にLB法を適用する場合と異なり、フラーレン分子に疎水基を導入する必要がないという利点がある。

【0016】以下、本発明に係る各種の有機薄膜素子の構造および動作原理を簡単に説明する。

【0017】(有機エレクトロルミネセンス素子) 蛍光色素分子を含む発光層と電子輸送層の二層構造からなる有機薄膜、または正孔輸送層と電子輸送層との間に前記発光層を有する三層構造もしくはそれ以上の多層構造からなる有機薄膜を、少なくとも片方は透明電極である二つの電極で挟んだ構造を有する。

【0018】いずれの構造の素子でも、電子および正孔が発光層に注入されて再結合する結果、発光する。電子輸送層および正孔輸送層は注入確率を増大させる働きを有する。

【0019】(有機太陽電池素子) 可視光線を吸収して電子と正孔を生じる色素分子を含む電荷発生層と電子輸送層との二層構造からなる有機薄膜、または正孔輸送層と電子輸送層との間に前記電荷発生層を有する三層構造もしくはそれ以上の多層構造からなる有機薄膜を、少なくとも片方は透明電極である二つの電極で挟んだ構造を有する。

【0020】いずれの構造の素子でも、発生した電子および正孔が再結合するのを防止して電荷分離を効率よく行わせ、光電変換効率を増大させる働きを有する。

【0021】(有機電子写真感光体) 導体上に、可視光線を吸収して電子と正孔を生じる色素分子を含む電荷発生層と電子輸送剤を含む電荷輸送層の二層積層が感光層として設けられた構造を有する。一例として、導体上に、電荷発生層および正帯電型の電荷輸送層をこの順で

形成した場合について、動作方法を示すと、まず、コロナ放電などにより、輸送層の表面を正に帯電させる。その後、記録光を入射すると、電荷発生層において光が当たった部分だけ電子と正孔が発生する。そして、発生した電子が効率よく表面に輸送され、正電荷が打ち消される。したがって、例えばトナーを予め正に帯電させておけば、光が当たった部分にだけトナーが付着し、得られたトナー像を紙に印刷することができる。

【0022】(有機整流素子) 正孔輸送層(P型半導体)と電子輸送層(N型半導体)の二層構造からなる有機薄膜を二つの電極で挟んだ構造を有する。

【0023】この素子では、無機半導体のPN接合と同様に、電子および正孔のみが輸送されることから整流作用が生じる。なお、無機半導体と同様に、正孔輸送層にアクセプタ性分子を、電子輸送層にドナー性分子を少量ドーピングすることにより、電流密度を増大させることができる。

【0024】(有機光素子) 電子と正孔とを生じる色素分子を含む電荷発生層とアクセプタ性分子層の二層構造からなる有機薄膜、またはドナー性分子層とアクセプタ性分子層との間に電荷発生層を有する3層構造もしくはそれ以上の多層構造からなる有機薄膜を有する。

【0025】この素子では、光を照射することにより発生する膜電圧を利用して、情報の記憶および輸送、液晶のスイッチング、非線形光学効果に基づく光波長変換などに適用することができる。

【0026】

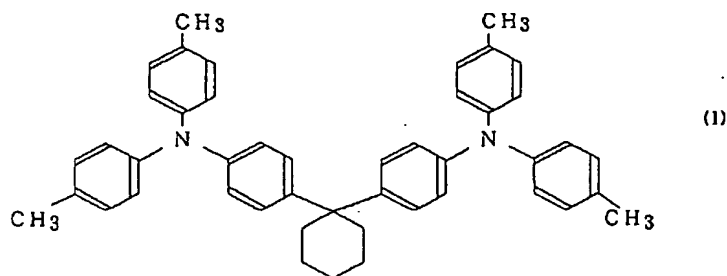
【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。

【0027】実施例1 (有機エレクトロルミネセンス素子)

ITO膜/ガラス基板上に構造式(1)で示されるトリフェニルアミン誘導体を50nmの厚さに蒸着した(正孔輸送層)。その上に、構造式(2)で示されるアルミニウムキノリノール錯体を10nmの厚さに蒸着した(発光層)。さらに、その上にフラーレン分子C60を50nmの厚さに蒸着し(電子輸送層)、3層構造からなる有機薄膜を形成した。最後に、面積1cm²のマグネシウムおよび銀(原子比10:1)からなる合金電極を形成した。

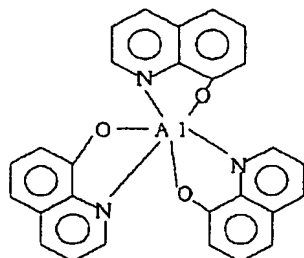
【0028】

【化1】



【0029】

【化2】



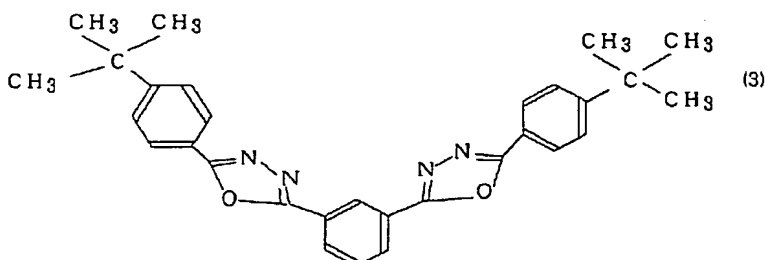
この有機エレクトロルミネセンス素子（有機EL素子）を作製後直ちに、真空下において、10Vの直流電圧を印加して初期輝度を測定したところ、 1000cd/m^2 の輝度を示した。この素子を連続して動作させたところ、輝度が半減するのに15日以上かった。

【0030】実施例2（有機エレクトロルミネセンス素子）

構造式（2）で示されるアルミニウムキノリノール錯体の代わりに、構造式（3）で示されるオキサジアゾール誘導体を用いた以外は実施例1と同様にして有機エレクトロルミネセンス素子を作製した。

【0031】

【化3】



この有機EL素子を作製後直ちに、真空下において、10Vの直流電圧を印加して初期輝度を測定したところ、 1000cd/m^2 の輝度を示した。この素子を連続して動作させたところ、輝度が半減するのに15日以上かった。

【0032】実施例3（有機エレクトロルミネセンス素子）

フラレン分子C₆₀の代わりに、フラレン分子C₇₀を用いた以外は実施例1と同様にして有機エレクトロルミネセンス素子を作製した。

【0033】この有機EL素子を作製後直ちに、真空下において、10Vの直流電圧を印加して初期輝度を測定したところ、 1000cd/m^2 の輝度を示した。この素子を連続して動作させたところ、輝度が半減するのに15日以上かった。

【0034】実施例4（有機エレクトロルミネセンス素子）

フラレン分子C₆₀の代わりに、フラレン分子C₈₄を用いた以外は実施例1と同様にして有機エレクトロルミネセンス素子を作製した。

【0035】この有機EL素子を作製後直ちに、真空下において、10Vの直流電圧を印加して初期輝度を測定したところ、 1000cd/m^2 の輝度を示した。この素子を連続して動作させたところ、輝度が半減するのに15日以上かった。

【0036】実施例5（有機太陽電池素子）

ITO膜／ガラス基板上に構造式（1）で示されるトリフェニルアミン誘導体を50nmの厚さに蒸着した（正孔輸送層）。その上に、銅フタロシアニン（電荷発生層）。さらにその上に、フラレン分子C₆₀を50nmの厚さに蒸着し（電子輸送層）、3層構造からなる有機薄膜を形成した。最後に、面積 1cm^2 のアルミニウム電極を形成した。

【0037】この有機太陽電池素子を作製後直ちに、真

空下において、ガラス基板側から400nm以下の紫外線をカットしたタングステンランプ光を照射し、初期光電変換効率を測定したところ、1.2~1.5%を示した。この素子を連続して動作させたところ、光電変換効率は1か月以上経過してもほとんど変化しなかった。

【0038】実施例6（有機太陽電池素子）

フラーレン分子C₆₀の代わりに、フラーレン分子C₇₀を用いた以外は実施例5と同様にして有機太陽電池素子を作製した。

【0039】この有機太陽電池素子を作製後直ちに、真空下において、ガラス基板側から400nm以下の紫外線をカットしたタングステンランプ光を照射し、初期光電変換効率を測定したところ、1.3~1.5%を示した。この素子を連続して動作させたところ、光電変換効率は1か月以上経過してもほとんど変化しなかった。

【0040】実施例7（有機電子写真感光体）

ガラス基板上に形成されたアルミニウム蒸着電極上に、銅フタロシアニンを分散したポリカーボネートをキャストし、厚さ2μmの塗膜を形成した（電荷発生層）。その上に、構造式（1）で示されるトリフェニルアミン誘導体（正孔輸送剤）およびフラーレン分子C₇₀（電子輸送剤）をそれぞれ20wt%および10wt%の割合で相溶したポリカーボネートをキャストし、厚さ2μmの塗膜を形成し（電荷輸送層）、2層構造の感光層を形成した。

【0041】この有機電子写真感光体を作製後直ちに、630nmの単色光（0.4μW/cm²）を照射した時の表面帯電電位の減衰を測定した。その結果、正負どちらの帯電に対してもおよそ2cm²/μJの高感度を示した。この素子を連続して動作させたところ、特性は1か月以上経過してもほとんど変化しなかった。

【0042】実施例8（有機整流素子）

ガラス基板上に形成されたアルミニウム蒸着電極上に、構造式（1）で示されるトリフェニルアミン誘導体を20nmの厚さに蒸着した（正孔輸送層）。その上に、フラーレン分子C₆₀を20nmの厚さに蒸着し（電子輸送層）、2層構造からなる有機薄膜を形成した。最後に、面積1cm²のアルミニウム上部電極を形成した。

【0043】この有機整流素子を作製後直ちに、真空下において、光を遮断して電流-電圧特性を測定したところ、上部電極を負にしたときに電流が流れる整流特性が得られた。この素子を繰り返し動作させたところ、1万回以上繰り返しても整流特性はほとんど変化しなかった。

【0044】実施例9（有機光記憶素子）

本実施例では、LB法によりフラーレン単分子膜を形成した。まず、LB法によるフラーレン単分子膜の成膜条件について検討した結果を説明する。この実験では、図5に示すLB成膜装置を用いた。図5において、LBトラフ11の内部にはイオン交換樹脂を用いて精製された

水が満たされており、この水面上に単分子膜が展開される。この単分子膜は、LBトラフ11上に設けられたバリア12により圧縮される。LBトラフ11の中央部上方には昇降台13が設けられている。この昇降台13上に表面圧計14が載せられ、さらにこの表面圧計14に基板20が取り付けられ、基板20を上下させることにより単分子膜が移しとられる。また、基板20の近傍、バリア12の近傍およびバリア12に対向するLBトラフ11の壁面の近傍の上方にも、表面圧計14が設けられ、これらの表面圧計14にそれぞれ単分子膜に接触した状態で口紙15が取り付けられている。これらの機構により、単分子膜の表面圧をモニターできる。

【0045】まず、2cm×5cmのシリコンウェハをフッ酸、水の順で洗浄した後、150℃で乾燥させた。一方、分子量720のフラーレン分子C₆₀をトルエンに溶解し、0.1mmol/lの展開溶液を調製した。次いで、LBトラフの水面（水温25℃）上にこの展開溶液を滴下して単分子膜を形成し、図5の各点に設けられた表面圧計により測定される単分子膜の表面圧をモニターしながら、ゆっくりと単分子膜を圧縮した。シリコンウェハ表面での表面圧が25dyn/cmになったときの表面圧のばらつきは4%であった。次に、表面圧を保ちながら、0.1mm/minの速度でシリコンウェハを垂直に引き上げ、ウェハ上にC₆₀単分子膜を1層累積した。このときの動的表面圧は20dyn/cmであった。次に、ウェハを引き下げ、引き上げ、さらに2層の単分子膜を累積した。この累積膜を電子顕微鏡で観察したところ、欠陥面積は0.3%であり、極めて均一な膜であることがわかった。

【0046】また、フラーレン分子としてC₇₀を用い、前記と同様にして合計3層の単分子膜を累積した場合にも、欠陥面積は1%であり、均一な膜であることがわかった。

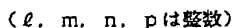
【0047】一方、フラーレン分子C₆₀の単分子膜を水面上で速い速度で圧縮して表面圧のばらつきが40%になるようにした以外は前記と同様にして合計3層の単分子膜を累積した場合、単分子膜が崩壊したと見られる微小な粒子がところどころ観測された。

【0048】また、前記と同様にフラーレン分子C₆₀の単分子膜を水面上でゆっくりと圧縮して表面圧のばらつきが4%になるようにしたが、ウェハを5mm/minの速度で上下に動かして合計3層の単分子膜を累積した場合、動的表面圧は3dyn/cmで、得られた単分子膜では微小な孔が数多く観測され、不均一な膜になった。

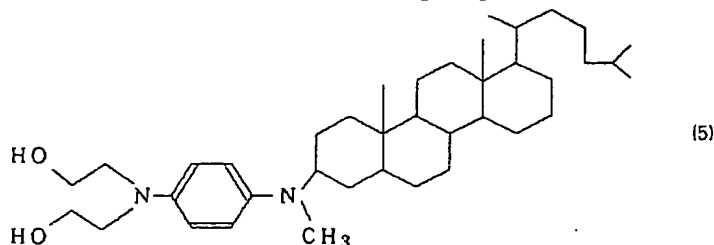
【0049】図1に本実施例において作製された有機光記憶素子の構成を示す。図1において、ガラス基板1上には、厚さ20nmのITO電極2および厚さ40nmのSiO₂膜3が形成されている。その上に、LB法によりアクセプタ性分子層4、感光性分子を含む電荷発生

【0052】次いで、感光性分子として構造式(4)で示される銅フタロシアン誘導体をクロロホルムに溶解して、0.2 mg/mlの展開溶液を調製した。LBトラフの水面上にこの展開溶液を滴下し、単分子膜を形成した。この分子は、表面圧13 dyne/cmで固体凝縮

【化 4】



【化5】



孔はドナー性分子であるパラフェニレンジアミン誘導体 (5) のHOMOへ遷移して電荷分離される。この電荷分離状態が、情報の記憶に対応する。

【0058】電荷分離状態は例えば光照射に伴う過渡電流の大きさを測定することにより検出でき、これによって記憶を読み出すことができる。すなわち、電荷分離が保たれた状態と電荷分離していない状態とで低エネルギーの読み出し光を照射したときの過渡電流を比較すると、前者では内部電界が存在するために、後者よりも過渡電流が小さい。

【0059】実際に、ITO電極2側を正とするバイアス電圧を印加しながら、ガラス基板1側からHe-Neレーザー光パルス（波長633nm、5mW、パルス幅1μsec、スポット径0.2mm）を照射し、書き込みを行った。感光性分子である銅フタロシアニン誘導体（4）は波長633nmに強い吸収を持つが、アクセプタ性分子であるC60、ドナー性分子であるパラフェニレンジアミン誘導体（5）、絶縁性分子であるポリイソブチルメタクリレートは強い吸収を持たない。これを室温下において暗所で一定時間放置した後、弱いレーザー光パルス（0.5mW）を照射し、過渡電流ピーク値（A）を測定した。ここで、電荷分離していない場合のピーク値をA₀とする。

【0060】図2にA=A₀、すなわち記憶が完全に失われるまでに要する時間とバイアス電圧との関係を示す。図3にバイアス電圧0.5VのときのA/A₀の経時変化を示す。図4にバイアス電圧0.5Vのときに、記憶が完全に失われるまでに要する時間と温度との関係を示す。

【0061】図2～図4から明らかなように、電圧や温

度により記憶の保持時間を制御できる可塑性光記憶素子が得られていることが確認された。この素子について、記憶が失われた後に再度情報の書き込みを行う動作を繰り返したところ、5千～1万回繰り返しても上述したような特性はほとんど変化しなかった。

【0062】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、安定で長寿命の有機薄膜素子を簡便に提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例9において作製された有機光記憶素子の構成図。

【図2】本発明の実施例9の有機光記憶素子について、記憶が完全に失われるまでに要する時間とバイアス電圧との関係を示す特性図。

【図3】本発明の実施例9の有機光記憶素子について、バイアス電圧0.5VのときのA/A₀の経時変化を示す特性図。

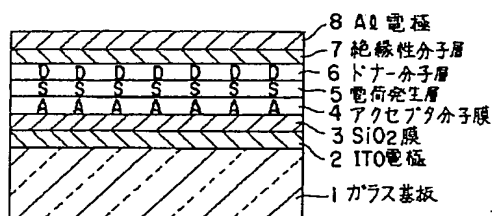
【図4】本発明の実施例9の有機光記憶素子について、バイアス電圧0.5Vのときに記憶が完全に失われるまでに要する時間と温度との関係を示す特性図。

【図5】フラーレン単分子膜の成膜条件を検討するために用いられたLB成膜装置の構成図。

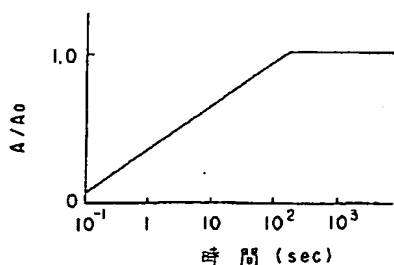
【符号の説明】

1…ガラス基板、2…ITO電極、3…SiO₂膜、4…アクセプタ性分子層、5…電荷発生層、6…ドナー性分子層、7…絶縁性分子層、8…Al電極。

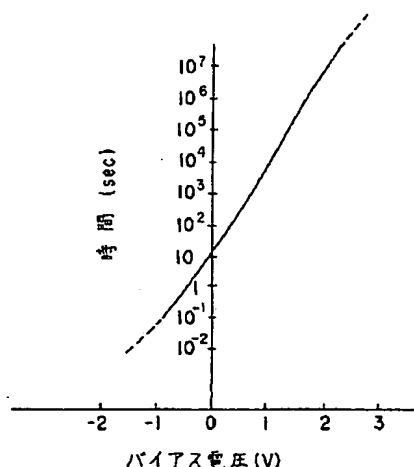
【図1】



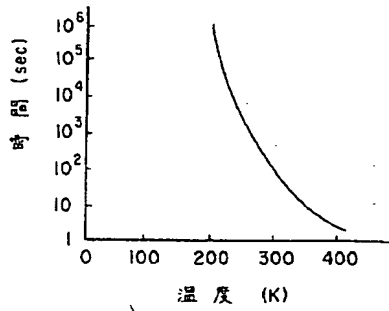
【図3】



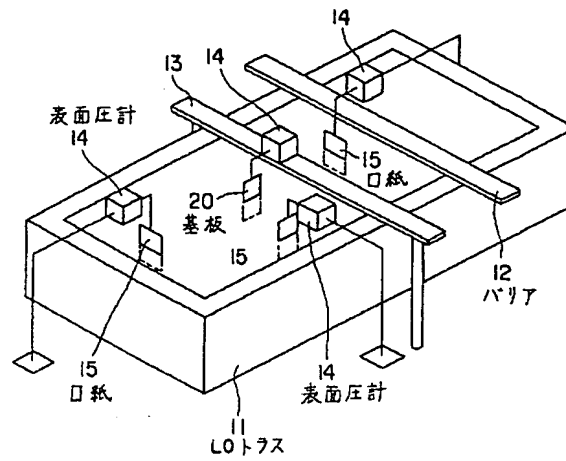
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 29/91

31/04

33/00

A 7514-4M

H 0 5 B 33/14

// H 0 1 L 39/12

Z A A Z 9276-4M

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.